

ОБРАТНЫЕ КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

Всероссийская научная конференция

УДК 519.876.5:530.182:553.98

ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА
ПРОНИЦАЕМОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТОВ*А.Я. Бомба, Е.Н. Гладкая, С.В. Яроцк*

Аннотация

Разработан комплексный подход к математическому моделированию нелинейных процессов трехфазной фильтрации в условиях обратного влияния характеристик процесса на исходные характеристики среды и идентификации параметров модели. На основе численных методов комплексного анализа создана вычислительная технология решения соответствующих нелинейных краевых, в частности, обратных задач для зонально-неоднородных криволинейных областей, ограниченных линиями тока и эквипотенциальными линиями. **Ключевые слова:** методы комплексного анализа, обратные коэффициентные задачи, трехфазная фильтрация, нефтегазовые пласты.

Проблема интенсификации добычи нефти и газа [8] из сложно-структурированных пластов-коллекторов в условиях многофазной и многокомпонентной фильтрации [8–10], порожденной процессами перераспределения компонентов фаз из-за понижения пластового давления в результате проведения первичной стадии разработки месторождений на фонтанирующих режимах скважин и последующих стадий, является сложной как технологически, так и с экономической точки зрения, и требует комплексного решения с привлечением современных методик добычи, основанных на результатах математического моделирования этих процессов [1–7]. При построении соответствующих моделей встает вопрос выбора определенной абстракции представления взаимодействия движущихся в пласте жидкостей между собой и со скелетом породы. Сложность такого выбора, в первую очередь, связана со сложностью самих процессов, протекающих в пласте, и с режимами его разработки, во вторую же - с вопросами определения характеристик среды, поскольку получение необходимых данных о нефтегазовом пласте за пределами скважин является весьма проблематичным [5].

Проблемы идентификации параметров (в том числе, коэффициента проницаемости) среды, в которой происходят исследуемые процессы (для зонально-неоднородных пластов, геометрия зон которых может быть как заданной, так и искомой), приводят к возникновению обратных коэффициентных задач для дифференциальных уравнений в частных производных (в частности, эллиптического типа), которые, в общем виде, как известно, являются некорректно поставленными и требуют разработки специальных подходов к их решению с учетом особенностей прямых задач. Созданная авторами методика решения таких задач, основанная на численных методах комплексного анализа, предусматривает решение двух видов обратных задач - это обратные коэффициентные задачи, которые заключаются в идентификации параметров соответствующей математической модели, и задачи на построение обратного квазиконформного отображения геометрически более «простой» области комплексного квазипотенциала на заданную криволинейную физическую область, выступающие в роли «прямых» задач для обратных коэффициентных.

В этой работе комплексный подход [1–7] к математическому моделированию процессов двухфазной фильтрации в горизонтальных нефтегазовых пластах обобщен на случай более сложной гетерогенной системы, состоящей из водной, нефтяной и газовой фаз. При этом разработанные в [1–7] числовые алгоритмы решения соответствующих задач двухфазной фильтрации (на построение гидродинамической сетки, расчет поля насыщенности, отыскание координат критических точек типа «приостановки», фильтрационных расходов, времени полного заводнения т.д.) модифицированы путем введения дополнительных расчетных процедур, которые учитывают совместное движение трех фаз и вычисляют соответствующие фильтрационные характеристики согласно с основными идеями метода поэтапной фиксации характеристик среды и процесса с использованием методики идентификации неизвестных параметров [5, 7]. Создано программное обеспечение, основными функциональными возможностями которого являются: прогнозирование графиков добычи углеводородов; определение необходимого количества скважин (с установлением оптимальной схемы их размещения); оценка характеристик эффектов прорыва воды (газа) и выбор метода их минимизации; выявление и оценка застойных зон; моделирование фильтрации при существовании трещин гидравлического разрыва [4] (с возможностью учета влияния на процесс вытеснения результатов кислотной обработки прискважинной зоны и использования поверхностно активных веществ) и т.д. При этом пользователю доступна «традиционная» поршневая модель (для построения приближенной оценки процесса разработки) и модель фильтрации гетерогенных флюидов (с выделением отдельных фаз), также возможен выбор закона фильтрации с начальным градиентом для описания вытеснения флюидов из осадочных пород в геологически сложных условиях, в частности, из сланцевых наслоений и битумных месторождений.

Summary

A. Ya. Bomba, O. M. Hladka, S. V. Yaroschak. Problems of identification of the permeability coefficient of oil and gas reservoirs.

A complex approach to mathematical modeling of nonlinear processes of three-phase filtration under conditions of inverse influence characteristics of the process on source characteristics of medium and the identification of the model parameters was developed. The computing technology of the solving the corresponding nonlinear boundary value problems, including inverse problems, for zone-inhomogeneous curvilinear domains bounded by lines of flow and equipotential lines was created based on the numerical methods of complex analysis.

Key words: methods of complex analysis, inverse coefficient problems, three-phase filtration, oil and gas reservoirs.

Література

1. Бомба А.Я., Булавацький В.М., Скопецький В.В. Нелінійні математичні моделі процесів геогідродинаміки – К.: Наукова думка, 2007. – 308 с.
2. Бомба А.Я., Каштан С.С., Пригорницький Д.О., Ярощак С.В. Методи комплексного аналізу: Монографія – Рівне: НУВГП, 2013. – 415 с.
3. Бомба А.Я., Ярощак С.В. Числовий метод квазіконформних відображень моделювання процесів двофазної фільтрації // Обчислювальна та прикладна математика. – 2010. – № 2. – С. 3–13.
4. Бомба А.Я., Синчук А.М., Ярощак С.В. Комплексне дослідження поведінки системи «свердловина-тріщина» при витісненні однієї рідини іншою у горизонтальному пласті // Математичне та комп'ютерне моделювання. – Кам'янець-Подільський, 2012. – Вип. 6. – С. 11–26.

5. *Бомба А.Я., Синчук А.М., Ярощак С.В.* Один підхід до ідентифікації фільтраційно-ємкісних параметрів нафтогазових пластів // Математичне моделювання. – 2013. – № 1 (28). – С. 31–35.
6. *Бомба А.Я., Терещук А.В., Ярощак С.В.* Комплексний підхід до моделювання процесів багатофазної фільтрації під час проектування розробки нафтогазових родовищ // Нафтова і газова промисловість. – 2012. – № 1. – С. 48–52.
7. *Гладка О.М.* Задачі ідентифікації характеристик середовища і параметрів квазі-ідеального процесу за умов їх взаємовпливу // Вісник ТНТУ. – 2014. – № 2 (74). – С. 49–61.
8. *Дейк Л.П.* Практический инжиниринг резервуаров. – Москва-Ижевск : Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. – 668 с.
9. *Bomba A.Ya., Yaroschak S.V.* Complex approach to modeling of two-phase filtration processes under control conditions // Journal of Mathematical Sciences – 2012. – Vol. 184, No. 1. – P. 56–69.
10. *Zhangxin C., Guanren H., Yuanle M.* Computational Methods for Multiphase Flows in Porous Media (Computational Science and Engineering). Paperback. Society for Industrial and Applied Mathematic, 2006. – 531 p.

Сведения о каждом из авторов статьи

Бомба Андрей Ярославович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики Ривненского государственного гуманитарного университета, г. Ривне, Украина

E-mail: abomba@ukr.net

Гладкая Елена Николаевна – аспирант Национального университета водного хозяйства и природопользования, г. Ривне, Украина

E-mail: viklom@ukr.net

Ярощак Сергей Викторович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информатики и прикладной математики Ривненского государственного гуманитарного университета, г. Ривне, Украина

E-mail: yaroschak@mail.ru